

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

**VYUŽÍVÁNÍ NOVÝCH MATERIÁLŮ PŘI TŘÍDĚNÍ SUROVIN NA
LOMU PLEŠOVICE**

bakalářská práce

Autor :

Zdeněk Wimmer

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Hummel, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci, včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezentačnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informační systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 20. 4. 2009

Zdeněk Wimmer

Anotace bakalářské práce:

VYUŽÍVÁNÍ NOVÝCH MATERIÁLŮ PŘI TŘÍDĚNÍ SUROVIN NA LOMU PLEŠOVICE

Při výrobě drceného kameniva, šterkodrtí a mechanicky zpevněného kameniva je vedle vlastního procesu drcení, důležitou součástí technologie také třídění. Materiály na výrobu sít pro toto třídění se postupem času vyvíjely od děrovaných plechů a drátěných sít až po moderní polyuretanové třídící plochy různých konstrukcí a kombinací použitých materiálů.

V předložené práci je zpracován přehled používaných materiálů na výrobu sít a jejich porovnání. Následně je zpracován návrh na použití polyuretanových sít v technologii třídění užitkového nerostu a ekonomické a ekologické vlivy tohoto návrhu. Na závěr práce je zařazeno celkové zhodnocení použití polyuretanových sít při třídění užitkového nerostu v lomu Plešovice.

Klíčová slova: užitkový nerost, třídění, frakce kameniva, křivka zrnitosti, drátěná síta, polyuretanová síta

Annotation of thesis:

UTILIZATION OF NEW MATERIALS FOR RAW MATERIAL SORTING AT THE PLEŠOVICE OPEN PIT MINE

In the production of crushed aggregates, gravels and mechanical concreted aggregates sorting is an important part of technology also, except the inherent process of crushing. Materials for the production of sieves for sorting developed in time from the perforated sheet-metal and wire sieves to the modern polyurethane sorting surface with a different construction and with a combination of used materials.

An overview of used materials for sieves production and their comparison is worked up in the thesis. Utilization of polyurethane sieves is proposed subsequently in the sorting technology of industrial mineral and economic a ecologic influences of the proposal as well. An overall evaluation of polyurethane sieves using at the industrial mineral sorting at the Plešovice quarry is put down in the end at the thesis.

Key words: industrial mineral, sorting, aggregate fraction, grain-size curve, wire sieves, polyurethane sieves

Obsah

1. Úvod	1
1.1. Řešená problematika	1
1.2. Charakteristika a historie společnosti	2
2. Charakteristika lokality Plešovice	3
2.1. Stručná stratigrafická charakteristika výhradního ložiska	3
2.2. Dobývací prostor	4
2.3. Geologie širšího okolí ložiska	4
2.4. Geologie vlastního ložiska	4
2.5. Petrografie ložiska	5
2.6. Tektonika ložiska	5
2.7. Jakostní a technologická charakteristika suroviny	5
2.8. Hydrogeologická charakteristika ložiska	6
2.9. Odvodňování	7
2.10. Stav po ukončení těžby, sanace a rekultivace	7
2.11. Technologie dobývání a úpravy kameniva	8
2.11.1. Způsob těžby	8
2.11.2. Drcení	8
2.11.3. Třídění	9
3. Technologie používaná při třídění užitkového nerostu v minulosti	10
3.1. Úvod do problematiky třídění	10
3.2. Síta, materiály a typy	11
3.2.1. Síto	11
3.2.2. Materiály a typy sít	11
3.3. Současná technologie terciárního třídění v lomu Plešovice	13
3.4. Parametry vstupu a výstupů finální třídírny, křivka zrnitosti	15
3.4.1. Vstupní materiál na třídírnu	15
3.4.2. Výstupní frakce	16
3.5. Opotřebení sít, životnost a výměny sít	16
4. Použití nových materiálů a změna technologie při třídění užitkového nerostu	18

4.1.	Podmínky pro použití sít z nových materiálů	18
4.2.	Návrh řešení při použití sít z nových materiálů.....	18
4.3.	Kontrolní výpočet plochy jednotlivých síťových ploch.....	19
4.3.1.	Výpočet třídiče Master Flo CS 144 II 2400 x 6000 mm.....	20
4.3.2.	Výpočet třídiče Master Flo CS 173 II 2400 x 7200 mm.....	21
4.4.	Opotřebení sít a životnost navrhovaného řešení.....	23
5.	Porovnání materiálů a vliv změn na životní prostředí	24
5.1.	Porovnání sít z kovu a polyuretanu	24
5.2.	Vliv změn technologie na životní prostředí	24
6.	Ekonomické a ekologické zhodnocení.....	25
6.1.	Výpočet nákladů při požívání drátěných sít.....	25
6.1.1.	Pořizovací cena drátěných sít.....	25
6.1.2.	Ztráta produkce za dobu odstávek.....	26
6.1.3.	Znehodnocení kvality frakce kameniva	27
6.1.4.	Mzdové náklady za dobu opravy, či výměny sít.....	27
6.2.	Výpočet nákladů navrhovaného řešení	27
6.2.1.	Pořizovací cena polyuretanových sít.....	27
6.2.2.	Ztráta produkce za dobu odstávek.....	29
6.2.3.	Znehodnocení kvality frakce kameniva	30
6.2.4.	Mzdové náklady za dobu opravy, či výměny sít.....	30
6.3.	Porovnání a ekonomické zhodnocení	30
6.4.	Ekologické zhodnocení	31
7.	Závěr	33

Seznam použitých zkratk:

C_p	průměrná cena
C_{pr}	cena produkce
č.j.	číslo jednací
ČSN	Česká státní norma
DCJ	drtič čelistový jednovzpěrný
DP	dobývací prostor
DPH	daň z přidané hodnoty
EN	Evropská norma
Fe síta	kovová drátěná síta
HT	hrubotřídič
CHKO	Chráněná krajinná oblast
k.ú.	katastrální území
n	počet odstávek
OkÚ – RŽP	okresní úřad – Referát životního prostředí
POPD	Plán otvírky, přípravy a dobývání
PU síta	polyuretanová síta
Q	produkce v tunách za hodinu
spol. s r.o.	společnost s ručením omezeným
t	doba odstávky
VŠB-TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
VPP	volná propadová plocha síta
Z_p	ztráta produkce
Z_z	ztráta znehodnocením kvality
DIN	Deutsches Institut für Normung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ISO	International Organization for Standardization

1. Úvod

1.1. Řešená problematika

Každá společnost zabývající se těžbou nerostů musí řešit několik zásadních otázek spojených s technologií dobývání a zpracování těženého užitkového nerostu. Při výrobě drceného kameniva je, vedle rozpojování horniny a jejího drcení, také velmi důležitou a nenahraditelnou součástí technologie proces třídění. A právě proces třídění zásadní měrou ovlivňuje kvalitu výsledných produktů, kterými jsou jednotlivé frakce drceného kameniva, jejich zrnitost a čistota. Při rozhodování o volbě vhodných sít jsou technické parametry důležitým hlediskem. Neméně důležitým hlediskem je však také ekonomický pohled na tuto problematiku.

Třídění jako takové je složitý proces, zvláště pak finální třídění, protože neexistuje žádný spolehlivý technický způsob, kterým by bylo možné stanovit předem všechny potřebné údaje pro úspěšné nastavení třídících ploch při třídění přírodních zrnitých materiálů [1]. V praxi jsou vždy velmi rozdílné podmínky a kvalita vstupních materiálů, tvarová hodnota, vzájemné poměry ve tříděné směsi, podíly velikostí jednotlivých částí apod. Dá se tedy říci, že první nastavení síťových ploch je vždy určitým experimentem a pro úspěšné třídění je nutné kontrolovat výstupní frakce a následně také korigovat síťové plochy. Problematika přesného nastavení sít však není předmětem řešení mé bakalářské práce a nastínil jsem ji pouze jako úvod do procesu třídění.

Předmětem řešení této bakalářské práce je návrh na použití polyuretanových sít a především ekonomický pohled na tuto problematiku, neboť tato síta jsou velice nákladná a každá organizace, která ve své technologii používá proces třídění, musí řešit otázku návratnosti vynaložených finančních prostředků na nákup těchto sít, případně otázku, zda je vůbec ekonomické tato síta v technologii použít.

Vzhledem k tomu, že zpracování této problematiky pro celou provozovnu je rozsáhlé a není možné jej obsáhnout v rozsahu bakalářské práce, chtěl bych se

zaměřit pouze na používání těchto sít na třídících ve finální třídírně drceného kameniva v kamenolomu Plešovice společnosti Kámen a písek spol. s r.o. Český Krumlov

1.2. Charakteristika a historie společnosti

Společnost Kámen a písek spol.s r.o. Český Krumlov se zabývá těžbou a zpracováním kamene a je součástí nadnárodní skupiny Kirchdorfer Grupe GmbH. Historie firmy sahá daleko před druhou světovou válku, ale až od roku 1964 lze hovořit o současné podobě firmy a struktuře výroby v kamenolomech Plešovice, Zrcadlová Huť, Kobylí Hora, Ševětín a Krty jako součást Západočeského průmyslu kamene. Po roce 1990 byl vytvořen státní podnik Kamenolomy Český Krumlov a z tohoto podniku vznikla privatizací v roce 1992 společnost Kámen a písek. V roce 2004 společnost získala dva kamenolomy a sice Písek a Rejta.

Společnost je výrobcem drceného kameniva a na trh dodává kompletní sortiment kameniva do asfaltových směsí, betonu a betonových prefabrikátů, kamenivo pro kolejová lože, pro stavby vozovek a cest, kamenivo pro obsypy plynovodů a vodovodů i pobřežní zpevňovací kámen pro vodní stavby [6].

Všechny výrobky jsou certifikované dle ČSN a část dle DIN. Od roku 1998 je společnost držitelem certifikátu systému řízení jakosti ČSN EN ISO 9002:1995.

2. Charakteristika lokality Plešovice

2.1. Stručná stratigrafická charakteristika výhradního ložiska

Ložisko se nachází v okrese Český Krumlov, cca 6 km SV od okresního města, na správním území obce Holubov a Zlatá Koruna.

Dopravně je kamenolom Plešovice (Obr. 1) zpřístupněn jak po silnici, tak po železnici. Dobývacím prostorem prochází silnice III/1439 Přísečná - Křemže, která zajišťuje spojení s Českým Krumlovem a napojení na silnice II/143 (Č. Budějovice - Prachatice) a II/159 (Č. Budějovice - Č. Krumlov). Podél východního okraje dobývacího prostoru prochází jednokolejná železniční trať č. 194 Č. Budějovice - Č. Krumlov, ze které je vyvedena vlečka do areálu technologické linky kamenolomu.

Morfologicky je ložisko součástí východního okraje masivu Blanského lesa. Kamenolom se rozkládá na východním úbočí „Jiříkova vrchu“.



Obr. 1 Lom Plešovice - letecký pohled na celý areál [6].

2.2. Dobývací prostor

Vzhledem k tomu, že původní dobývací prostory Plešovice, Holubov a Holubov I byly stanoveny před účinností zákona č. 44/1988 Sb. (Horní zákon), považuje se dle výše uvedeného zákona stanovený dobývací prostor též za chráněné ložiskové území.

Rozhodnutím Obvodního báňského úřadu v Plzni ze dne 28.9.1994, č.j. 2923-465/93/Ju/Př byly změněny hranice DP Plešovice s tím, že do něj byly zahrnuty zbývající dva dobývací prostory Holubov a Holubov I. a v současné době je na ložisku stanoven jeden DP PLEŠOVICE s rozlohou 49,1071 ha, který je evidován pod č. 7/0093.

2.3. Geologie širšího okolí ložiska

Ložisko leží v jižní části jádra Českého masivu, budované největší stavební jednotkou Moldanubikem. Moldanubikum je ve své šumavské větvi zastoupeno sérií svorů, svorových rul a granulitovým komplexem. Jihočeský granulitový komplex se člení na jednotlivé drobné i větší masívy, z nichž největší a nejsouvislejší je masív Blanského lesa, který je protažen zhruba ve směru SZ-JV.

2.4. Geologie vlastního ložiska

Ložisko samo lze charakterizovat jako strukturně homogenní celek, vzniklý a vytvářející se pod vlivem stejných tlakových poměrů v tlakovém poli charakterizovaném směrem generálního tlaku SZ - JV. Horninový komplex vytváří nepravidelně mocné, středně ukloněné lavice v různé intenzitě příčně, podélně i kose rozpukané. V celku má ložisko výraznou monoklinální stavbu.

Kvarterní plášť na ložisku reprezentují produkty zvětrávacích procesů matečných hornin. Ve svrchních částech svahu je mocnost menší okolo 2 - 3,5 m, na úpatí svahů dosahuje místy až přes 10 m.

2.5. Petrografie ložiska

Ložiskovou výplň tvoří několik typů hornin granulitové facie, petrograficky poměrně blízkých. Relativní petrografická pestrost hornin je podmíněna spíše texturními a strukturními znaky než minerálním složením.

Převládajícím typem jsou jemně zrnité, typické kyselé granulity s častým biotitickým páskováním. Páskování je však nepravidelné a nesouvislé, takže tmavé biotitické polohy mají spíše povahu šmouh a tenkých čoček.

Hornina má v čerstvém stavu bělavě šedou barvu s nažloutlými nádechy, s postupem do hloubky bývá slabě namodralá až zelenavě šedá. Je houževnatá, ostrohranně štěpná. Vzhledem k proměnlivě vyvinuté foliaci je rozpad horniny kusovitý s tendencí k plošší odlučnosti.

2.6. Tektonika ložiska

Jedním ze strukturních prvků ložiska jsou foliace vyznačující jeho monoklinální stavbu v základním směru SV-JZ, převážně se středním úklonem k SZ. Jsou vyvinuté s velmi variabilní intenzitou, podmíněnou jednak polohou v ložisku, jednak petrografickým složením. Velmi dobře sledovatelné jsou foliace ve svrchních partiích ložiska na rozhraní zvětrávací zóny a v jednotlivých polohách bohatších biotitem přecházejících do granulitových rul.

2.7. Jakostní a technologická charakteristika suroviny

Ložisková výplň se vyznačuje dobrými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi (Tab.1), určité kolísání kvality je vázáno pouze na některé svrchní partie ložiska. Stupeň navětrání v těchto ojedinělých polohách se projevuje v dynamickém namáhání. Surovina splňuje všechny kvalitativní požadavky a odpovídá požadavkům ČSN 72 1512 (Hutné kamenivo pro stavební účely) pro kamenivo třídy B.

objemová hmotnost	2 688 kg.m ⁻³
měrná hmotnost	2 742 kg.m ⁻³
hutnost	97,59 %

obsah SO ₃	0,58 %
Radionuklid Ra-226	57 Bq.kg ⁻¹

Tab.1 Fyzikálně-mechanické a technologické vlastnosti horniny pro jednotlivé frakce.

Frakce	[mm]	0-4	4-8	8-16	16-22	32-63
Nasákavost	dle ČSN 72 1174 [% hm]		0,4	0,3	0,4	0,3
Otlukovost	dle ČSN 72 1175 [% hm]		21,2	20,0	17,7	16,5
Pevnost v rázu	dle ČSN 72 1175 [Kdr]					0,88
Trvanlivost	dle ČSN 72 1176 [% hm]	1,9	1,7	0,6	1,7	0,1
Mrazuvzdornost	dle ČSN 72 1176 [% hm]	3,4	0,2	0,1	1,2	0,1

2.8. Hydrogeologická charakteristika ložiska

Povrchové vody zájmového území náleží do poměrně nevýrazného mezipovodí Vltavy, vymezeného jejími levostrannými přítoky Křemžský potok a Kokotínská rokle. Hydrologicky je zájmové území ohraničeno levým břehem meandrující Vltavy na východě a svahy Jiříkova vrchu na západě. Na jižní straně tvoří hranici Kokotínská rokle a její bezejmenný přítok od Spáleného vrchu. Severní hranici tvoří povodí bezejmenného přítoku Vltavy z lesa Plánský.

Území ovlivněné lomem zasahuje do povodí velmi malých, hydrologicky jen místně významných, toků s velmi nízkými průtokovými parametry.

Vlastní hydrogeologické poměry na ložisku jsou jednoduché. Ložisko leží velmi vysoko nad místní erozivní bází danou hladinou řeky Vltavy. V místech pod ložiskem má hladina výšku 443 m n. m., nejnižší zvolená těžební báze lomu je ve výšce 525 m n. m. Srážkové vody mohou velmi snadno odtékat mimo těžební prostor.

Ložisko je tvořeno většinou jemnozrnným granulitem, který je v čerstvém stavu zcela nepropustný; omezenou cirkulaci podzemní vody v masívu umožňují různé systémy puklin a dislokace. Zvětralinový plášť, kryjící granitové horniny, má charakter spíše písčitéjší, avšak se stále omezeným retenčním účinkem.

2.9. Odvodňování

Povrchové vody z prostoru za hranicí provedené skrývky převážně odtékají po přirozeném svahu mimo prostor kamenolomu.

Plata jednotlivých etáží jsou z důvodu odvodnění udržována s mírným stoupáním ve směru postupu těžby, takže voda z atmosférických srážek a z puklin, která se dostane do těžebního prostoru, stéká po jednotlivých těžebních řezech. Postupně zasakuje do puklinového systému skalního masívu, ale při větších celodenních atmosférických srážkách zde dochází k nahromadění srážkových vod, které jsou odváděny potrubím procházejícím tunelem pro dopravní pás pod silnicí Přísečná – Křemže. Uvedené potrubí vyústí do otevřeného příkopu technologické komunikace vedoucí do areálu úpravy kamenolomu. Tímto příkopem jsou důlní vody dále svedeny do kanalizace v areálu úpravy, která slouží pro odtok srážkových vod z ploch vlastní úpravy kamenolomu.

2.10. Stav po ukončení těžby, sanace a rekultivace

Protože se celý areál kamenolomu nachází v CHKO Blanský les je na dotčených plochách převážně plánována rekultivace zpět na lesní pozemky, které by měly převážně plnit funkci krajinnotvornou a půdotvornou, méně pak funkci hospodářskou.

Plán sanace a rekultivace řeší celé území po úplném dotěžení výhradního ložiska v rámci stanoveného dobývacího prostoru Plešovice tak, že při dotěžení ložiska budou ponechány jednotlivé těžební stupně o šířce 5 m. Při dotěžení horních etáží bude ponechán v určitých částech sklon závěrného svahu 30°, který by umožnil zalesnění těchto ploch, čímž by došlo k pohledovému snížení horní hrany lomu. Zbývající lomové stěny budou upraveny tak, aby se narušila horizontální pravidelnost etáží a vytvořila se členitá skalní stěna, které bude sloužit k uchycení zeleně a k rozčlenění poměrně vysokých stěn. K rozrůznění stěny a budoucích stanovištních podmínek v zre kultivovaném prostoru bude sloužit i ponechání několika suťových kuželů u paty tohoto svahu.

V bodech 2.1 až 2.10 byly použity informace z [3].

2.11. Technologie dobývání a úpravy kameniva

2.11.1. Způsob těžby

Při těžbě suroviny v dobývacím prostoru Plešovice je uplatněna metoda povrchového dobývání v etážovém stěnovém lomu (Obr.2) s částečným zahloubením pod úroveň okolního terénu.



Obr.2 Lom Plešovice - etáže lomu a elektrické rypadlo E 303 .

Rozpojování suroviny se provádí pomocí trhacích prací velkého rozsahu (clonové odstřely), při kterých se používají tekuté trhaviny (slurry). K roznětu se používají neelektrické systémy typu Indetshock nebo Nonel. Druhotné rozpojování nadměrných kusů rubaniny se provádí mechanicky pomocí hydraulického kladiva neseného na pasovém rypadlu.

K nakládce rubaniny slouží elektrická rypadla E 302 a E 303. Doprava rubaniny do technologické linky je zajišťována nákladními automobily Belaz.

2.11.2. Drcení

V procesu zdrobňování v provozu Plešovice je uplatněn třístupňový způsob drcení. První stupeň drcení je prováděn v primárním čelistovém drtiči DCJ

1600x1250 mm. Rozdrcený materiál je odhliňován a je dopravním pasem transportován na zemní meziskládku. Druhý stupeň drcení probíhá v sekundárním kuželovém drtiči SVEDALA H 6800. Třetí stupeň drcení je zajištěn jedním kuželovým drtičem Svedala H 3000 a jedním kuželovým drtičem Nordberg HP200.

2.11.3. Třídění

V procesu třídění materiálu se v primárním stupni používá pevný rošt, umístěný před drtičem DCJ10, jehož účelem je odtržít drobné kusy a hlinité části rubaniny mimo primární drtič. Za drtičem probíhá odhlinění na hrubotřídíči HT 1500x4000 mm a prstovém odhliňovacím třídíči Tornádo. Podsítné z tohoto třídíče jde na odval. Nadsítné z obou těchto třídíčů je dopravováno na meziskládku pro sekundární stupeň drcení. Za sekundárním drtičem je umístěn třídíč SVEDALA 2500x6000 mm, ze kterého se nadsítné vrací zpět k drcení a podsítné je frakce 0-4 mm. Mezisítné z tohoto třídíče odchází do dvou expedičních sil a může být buď expedováno, nebo použito pro tercierní drcení, po němž je dopravováno na finální třídění. Technologie finální třídírny je podrobněji popsána v bodu 3.3.

V bodu 2.11 byly použity informace z [4].



Obr.3 Lom Plešovice – třídíč Master Flo CS 144 II .

3. Technologie používaná při třídění užitkového nerostu v minulosti

3.1. Úvod do problematiky třídění

Obecně se dá říci, že třídění je rozdělení směsi užitkového nerostu na jednotlivé složky (frakce), které lze posuzovat z různých hledisek. Při třídění drceného kameniva bude hlavním hlediskem velikost zrna tříděného materiálu, případně jeho tvarová hodnota, ale není to zdaleka jediné hledisko. Tříditi lze například i podle druhu nerostu, barvy, obsahu kovů a dalších hledisek. Třídící proces může probíhat různými způsoby a vedle ručního třídění, třídění pomocí vody, proudu vzduchu, odstředivé síly apod., je při třídění užitkového nerostu nejpoužívanější proces třídění pomocí sít a z nich složených síťových ploch, umístěných na vibrační třídící technice (třídících).

Při úpravě kameniva rozeznáváme v zásadě tři rozdílné funkce třídění. Jednak je to odhliňovací třídění, které má spíše charakter rozduřování, protože odděluje hlinité a jílovité nečistoty od dobývané horniny. Od tohoto třídění se vyžaduje maximální odolnost proti ucpávání a zalepování a v případě, že se jedná o odhliňování před primárním drtičem, také odolnost proti velkým dynamickým účinkům způsobených velkými kusy rubaniny. Dále se jedná o třídění operační, které rozděluje surové kamenivo na určitých hranicích tak, aby vyhovovalo svou zrnitostí technologickým požadavkům následujícího stroje. Od tohoto třídění se vyžaduje schopnost tříditi na určité hranici i poměrně široké frakce, ale není zde většinou požadována zvláštní ostrost třídění. Posledním, a dá se říci nejdůležitějším tříděním, je finální třídění, které již hotové kamenivo roztřídí do výsledných frakcí. Od tohoto třídění se vyžaduje hlavně konstantní přesnost a ostrost roztřídění finálního produktu [1].

3.2. Síta, materiály a typy

3.2.1. Síto

Síto je plocha, ve které jsou otvory různého tvaru a velikosti. Po této ploše se pohybuje tříděný materiál a jednotlivá zrna určité velikosti propadávají otvory v sítu. Zrna větších rozměrů zůstávají na sítové ploše.

3.2.2. Materiály a typy sít

Druhů průmyslových sít sloužících k třídění sypkých materiálů je nepřeberné množství a oblast použití je velice široká. Síta najdou uplatnění jak v těžebním průmyslu, tak i v chemickém, farmaceutickém, potravinářském, vodárenském, strojírenském a stavebním průmyslu. Síta pro jednotlivá odvětví průmyslu mohou mít různá specifika, ale v zásadě lze síta rozdělovat podle použitého materiálu na jejich výrobu a následně podle způsobu, jak jsou vyrobená. Podle použitého materiálu se jedná o síta kovová (*Tab.2*) a nekovová.

Kovová síta

Drátěná síta. Nejrozšířenějším druhem síta je drátěné síto. Je vyrobeno z drátu a materiálem je otěruodolná pružinová ocel nebo pružinová nerezová ocel. Drátěná síta se nejčastěji vyrábějí se čtvercovými oky. Tento druh sít vykazuje velkou volnou plochu a nízkou pořizovací cenu, má však nižší životnost a časté je klínování a ucpávání sít tříděným materiálem.

Harfová síta. Tato síta tvoří vertikálně či horizontálně zvlněné dráty nebo rovné dráty, přičemž při kmitání těchto drátů vzniká samočistící efekt, takže se síta téměř neucpávají. Síta jsou vyráběna z otěruodolné pružinové oceli nebo pružinové nerezové oceli. Harfová síta vyznačují vyšším třídícím výkonem než síta drátěná, jejich pořizovací cena je vyšší.

Štěrbínová síta. Jedná se o síta, která se používají pro odvodňování, odkalování a třídění. Štěrbínové sítové plochy snesou značné namáhání na jednotku plochy. Štěrbínová svařovaná síta jsou zhotovena z ocelových nerezových drátů s klínovitým průřezem, přivařených na příčné profilové dráty.

Prstová síta. Používají se pro třídění obtížně třiditelných materiálů, odhliňování, odstranění jemných podílů z finálních frakcí, k třídění recyklátů apod. Jedná se o tyčové síto, které je tvořeno jen dráty na jedné straně vetknutými do speciálního nosníku. Jsou vyráběná z ořezodolné pružinové oceli.

Tab.2 Přehled materiálů používaných na výrobu kovových sít.

Označení	ČSN	DIN
Pružinová ocel tř.12	12040,12050	1.0500
Nerezová ocel CrNi 18 9, 18 10	17240	1.4301
Nerezová ocel CrNi 18 8	17241	1.4310
Nerezová ocel CrNiSi 25 20	17255, 17265	1.4841
Nerezová ocel CrNiTi 18 10	17247, 17248	1.4541

Nekovová síta

Polyuretanová a gumová síta, na jejichž výrobu se používá polyuretanový elastomer a ořezuvzdorná guma, se vyznačují největší schopností odolávat opotřebení. Síta mají dlouhou životnost, minimální hlučnost, samočisticí efekt, jsou velmi vhodná pro mokré třídění a odvodňování. Mají však menší volnou plochu než drátěná síta.

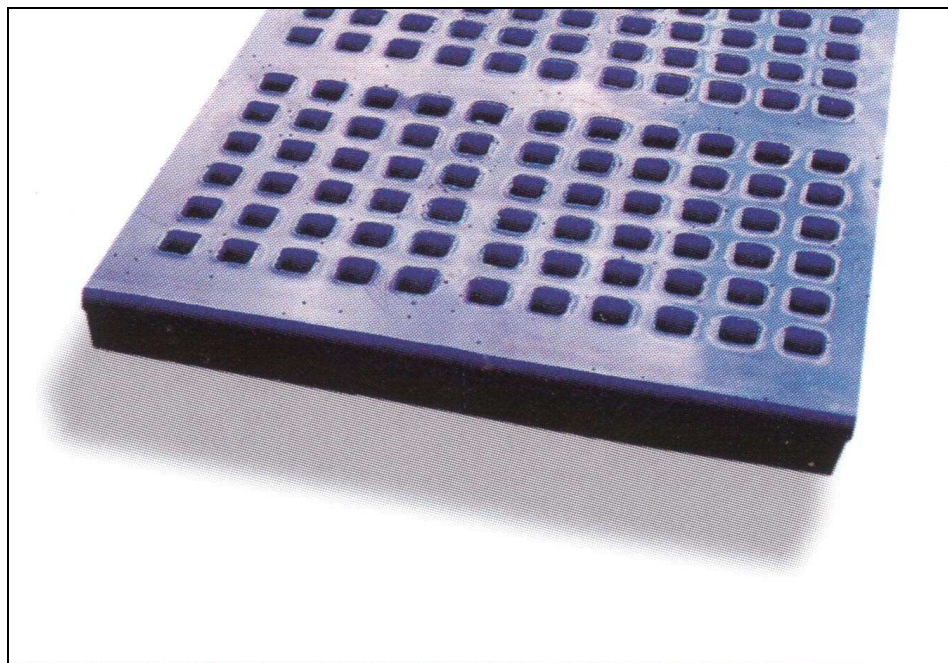
Polyuretanové a gumové stavebnicové (modulové) systémy (*Obr.4*) představují nejmodernější trend v oblasti třídících a odvodňovacích ploch. Sítové moduly se instalují mezi adaptační lišty, které jsou upevněny k nosníkům na rámu třídiče. Výměna jednotlivých modulů je snadná. Systém Clip-Tec umožňuje montáž bez použití nářadí.

Pro český kamenoprůmysl byl v minulosti vyvinut gumový stavebnicový systém a plastový stavebnicový systém. Oba se vyznačují samočisticí schopností, nízkou hlučností a dobrou jakostí třídění, k dispozici je ale značně omezený sortiment ok.

Membránová síta se používají pro třídění obtížně třiditelných materiálů, oka mohou být čtvercová, kruhová nebo oválná. Materiálem je polyuretanový elastomer a tloušťka membrány je jen 3 – 5 mm.

Lankové síto se používá pro třídění sypkých i lepivých materiálů a vyznačuje se velkou volnou plochou a dlouhou životností. Jedná se o kombinaci kovového a nekovového síta. Je vyrobeno z kovových a kevlarových lanek a tato lanka jsou na povrchu chráněna polyuretanovým elastomerem, který výrazně prodlužuje životnost těchto sít.

Obvykle používanými materiály na výrobu nekovových sít je buď polyuretanový elastomer typu A a D v rozsahu tvrdosti 32 - 95 Shore, nebo gumová otěruvzdorná směs v rozsahu tvrdosti 35 - 65 Shore [5].



Obr.4 Polyuretanové síto modulového systému [5].

3.3. Současná technologie terciárního třídění v lomu Plešovice

Technologie finální třídírny užitkového nerostu je sestavena ze tří vibračních třídičů a jednoho vzduchového kaskádového třídiče. Do třídírny vstupuje materiál po třetím stupni drcení ve frakci 0-32 mm (*Tab.3, Obr.5*) na první třídič:

Třídič - SVEDALA VD2 2000 x 6000 mm

Sklon třídiče 15°

Horní síťová plocha je osazena PU síty.

Na prvních pěti metrech se čtvercovými otvory 25x25 mm
Poslední metr je osazen Fe drátěnými sítý s otvory 24x24 mm
Použity ploché rámy pro síta a upínací systém Clip-Tec
Odděluje se frakce 16-32 mm

Spodní síťová plocha je osazena PU sítý.

Na třech metrech se čtvercovými oky 20x20 mm
Na třech metrech se čtvercovými oky 18x18 mm
Použity ploché rámy pro síta a upínací systém Clip-Tec
Odděluje se frakce 11-22 mm

Podsítné ze třídiče SVEDALA VD2 vstupuje na druhý třídič:

Třídič - Master Flo CS 144 II 2400 x 6000 mm

Sklon třídiče 18°

Horní síťová plocha je osazena Fe sítý.

Na šesti metrech se čtvercovými otvory 12x12 mm
Použity ploché rámy pro síta a upínací systém Clip-Tec
Odděluje se frakce 8-16 mm

Spodní síťová plocha je osazena Fe sítý.

Na třech metrech se čtvercovými oky 10x10 mm
Na třech metrech se čtvercovými oky 9x9 mm
Použity ploché rámy pro síta a upínací systém Clip-Tec
Odděluje se frakce 8-11 mm

Podsítné ze třídiče Master Flo CS 144 II vstupuje na třetí třídič:

Třídič - Master Flo CS 173 II 2400 x 7200 mm

Sklon třídiče 20°

Horní síťová plocha je osazena Fe sítý.

Na celé délce se čtvercovými otvory 5x5 mm
Použity ploché rámy pro síta a upínací systém Clip-Tec
Odděluje se frakce 4-8 mm

Spodní síťová plocha je osazena Fe sítý.

Na celé délce se čtvercovými oky 2,25x2,25 mm
Použity ploché rámy pro síta a upínací systém Clip-Tec

Odděluje se frakce 2-4 mm

Podsítné (frakce 0-2 mm) ze třídiče Master Flo CS 173 II vstupuje na Kaskádový vzduchový třídič AT Technik 451 K 3010. V tomto třídiči se pomocí proudu vzduchu oddělují částice menší než 0,063 mm (odplavitelné částice) z této frakce.

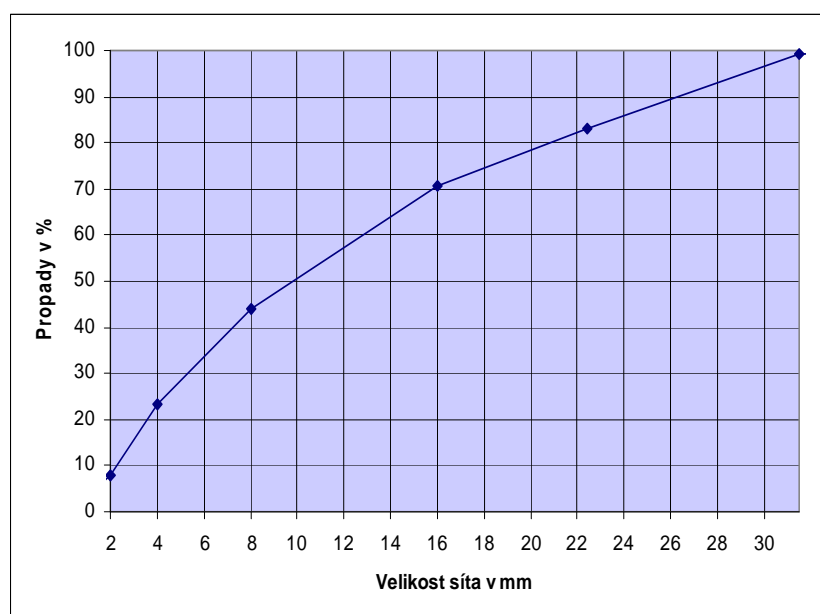
3.4. Parametry vstupu a výstupů finální třídírny, křivka zrnitosti

3.4.1. Vstupní materiál na třídírnu

Vstupní frakce	0-32 mm
Množství materiálu	240 t.h ⁻¹
Sypná hmotnost	1540 kg.m ⁻³

Tab.3 Propady kameniva na kontrolních sítích [7].

Síto [mm]	31,5	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,063
Propad [%]	99,1	83,2	70,5	43,8	23,3	8,0	3,5	3,5	1,9



Obr.5 Křivka zrnitosti vstupního materiálu na finální třídírnu.

3.4.2. Výstupní frakce

Drcené kamenivo jednotlivých výstupních frakcí (Tab.4) je uskladněno v ocelových zásobnících pod finální třídírnu.

Tab.4 Výstupní frakce z finální třídírny a hodinové produkce jednotlivých frakcí.

Frakce [mm]	16-32	11-22	8-16	8-11	4-8	2-4	0-2
Produkce [t. h ⁻¹]	30	50	50	20	50	15	25
Podíl ze vstupu [%]	12,5	21	21	8	21	6	10,5

3.5. Opotřebení sít, životnost a výměny sít

K opotřebení sít na třídících nedochází rovnoměrně po celé délce třídící plochy. Nejrychlejší opotřebení drátěných sít vykazuje první (dopadová) třetina plochy, nejdelší životnost má poslední třetina. Tento efekt se však u polyuretanových sít projevuje méně a k opotřebení plochy dochází rovnoměrněji. Životnost závisí také na tříděné frakci a parametrech síta, okatosti a průměru drátu. Z toho plynou i intervaly výměny sít v závislosti na množství tříděného materiálu na jednotlivých třídících.

Přibližné průměrné životnosti sít na jednotlivých třídících na horních plošinách v tunách a měsících z provozních záznamů lomu jsou následující:

Třidič SVEDALA VD2 2000 x 6000 mm

polyuretanová síta první třetina	627 tis. tun	12 měsíců
polyuretanová síta druhá třetina	606 tis. tun	24 měsíců
drátěná síta třetí třetina	45 tis. tun	4 měsíce

Třidič Master Flo CS 144 II 2400 x 6000 mm

drátěná síta první třetina	63 tis. tun	2 měsíce
drátěná síta druhá třetina	64 tis. tun	3 měsíce
drátěná síta třetí třetina	61 tis. tun	4 měsíce

Třídíč Master Flo 173 CS 173 II 2400 x 7200 mm

drátěná síta první třetina	40 tis. tun	2 měsíce
drátěná síta druhá třetina	42 tis. tun	3 měsíce
drátěná síta třetí třetina	44 tis. tun	4 měsíce

Z uvedených údajů vyplývá, že životnost drátěného síta se v podmínkách lomu Plešovice je od 40 do 65 tisíc tun materiálu, který se pohyboval přes síťovou plochu. Životnost síta v měsících se mění v závislosti na úbytku materiálu na síťové ploše vlivem propadu podsítného.

Drátěné síťové plochy vyžadují soustavnou kontrolu, protože mimo opotřebení způsobené otěrem, dochází k různým defektům, k lokálnímu poškození síta v malé ploše, které má za následek znehodnocení dané frakce kameniva. Síťové plochy se kontrolují dvakrát za směnu a v případě poškození síta se provádí výměna daného segmentu, případně oprava poškozeného místa. Při výměnách opotřebovaných sít se vyměňuje celá třetina síťové plochy. **Tyto výměny sít si vyžadují odstávku technologie a představují pro společnost ztrátu produkce. Nízká životnost sít a ztráty produkce při odstávkách představují problém, jehož řešení je předmětem této bakalářské práce.**

Z provozních záznamů vyplývá, že odstávky se plánují tak, aby se doby výměn sít na obou třídících co možná nejčastěji spojovaly, a tak u třídíčů Master Flo je nutné provádět výměnu opotřebovaných sít v jednom roce provozu třídiřny minimálně šestkrát. Každá odstávka na výměnu opotřebovaných sít trvá 3 hodiny. Odstávky na výměnu či opravu lokálně poškozených sít se ve stejném časovém období vyskytují přibližně desetkrát. Zde se však opravy provádějí převážně v době běžné odstávky technologie a doba takové opravy většinou nepřesahuje jednu hodinu. Z těchto důvodů nebudu odstávky na drobné opravy sít zahrnovat do ekonomického zhodnocení. Celkově tedy představují odstávky z důvodu výměn síťových ploch na obou sledovaných třídících 18 hodin za rok [6]. Ztráta produkce po dobu těchto odstávek představuje jednu z částí mého výpočtu ekonomického zhodnocení.

4. Použití nových materiálů a změna technologie při třídění užitkového nerostu

4.1. Podmínky pro použití sít z nových materiálů

Ve třídících na finální třídírňě jsou použity ploché rámy pro uchycení sít a rychloupínací modulový systém Clip-Tec. Toto uspořádání je vhodnou přípravou na přechod k sítům vyrobeným z moderních materiálů a nebudou nutné technické změny upínacího systému. Přechod k sítům z moderních materiálů si tak nevyžádá žádné další finanční náklady mimo nákladů na pořízení nových sít.

4.2. Návrh řešení při použití sít z nových materiálů

Na třídíči **SVEDALA VD2 2000 x 6000 mm** jsou již použita polyuretanová síta na obou plochách. Pouze na posledním metru horní plošiny je použito drátěné síto z důvodu ostrosti vytrídění dané frakce. K tomuto řešení se dospělo po provozních zkouškách a laboratorních rozborech vzorků vytríděné frakce. **Zde navrhuji ponechat technologii třídění ve stávajícím stavu.**

Na třídíči **Master Flo CS 144 II 2400 x 6000 mm** navrhuji využít stávajících rámců síťových ploch i upínacího modulového systému Clip-Tec a síťové plochy osadit polyuretanovými síťovými moduly o rozměru modulu 300 x 1000 mm takto:

Horní síťová plocha

První dva metry	PU síto	12,5x12,5 mm	VPP:	26%
Čtyři metry	PU síto	11,0x11,0 mm	VPP:	36%
Celková volná propad.plocha: 2,4x2 m = 4,8 m ² ;				4,8 m ² x 26% = 1,25 m ²
Celková volná propad.plocha: 2,4x4 m = 9,6 m ² ;				9,6 m ² x 36% = 3,46 m ²
Celkem				4,71 m²

Spodní síťová plocha

Tři metry	PU síto	10,0x10,0 mm	VPP:	35%
Tři metry	PU síto	9,0x9,0 mm	VPP:	31%

Celková volná propad.plocha: $2,4 \times 3 \text{ m} = 7,2 \text{ m}^2$; $7,2 \text{ m}^2 \times 35\% = 2,52 \text{ m}^2$

Celková volná propad.plocha: $2,4 \times 3 \text{ m} = 7,2 \text{ m}^2$; $7,2 \text{ m}^2 \times 31\% = 2,23 \text{ m}^2$

Celkem **4,75 m²**

Na třídíči Master Flo CS 173 II 2400 x 7200 mm navrhuji taktéž využít stávajících rámců síťových ploch i upínacího modulového systému Clip-Tec a síťové plochy osadit polyuretanovými síťovými moduly. Vzhledem k tomu, že délka třídíče je 7200 mm, navrhuji v první řadě modulů použít rozměr modulu 300 x 1200 mm a v následujících řadách moduly rozměru 300 x 1000 mm:

Horní síťová plocha

První 3,2 metru **PU síto** **6,3x6,3 mm** **VPP: 26%**

Čtyři metry **PU síto** **5,5x5,5 mm** **VPP: 24%**

Celková volná propad.plocha: $2,4 \times 3,2 \text{ m} = 7,68 \text{ m}^2$; $7,68 \text{ m}^2 \times 26\% = 1,99 \text{ m}^2$

Celková volná propad.plocha: $2,4 \times 4,0 \text{ m} = 9,60 \text{ m}^2$; $9,60 \text{ m}^2 \times 24\% = 2,30 \text{ m}^2$

Celkem **4,29 m²**

Spodní síťová plocha

První 3,2 metru **PU síto** **2,5x2,5 mm** **VPP: 13%**

Čtyři metry **PU síto** **2,2x2,2 mm** **VPP: 12%**

Celková volná propad.plocha: $2,4 \times 3,2 \text{ m} = 7,68 \text{ m}^2$; $7,68 \text{ m}^2 \times 13\% = 1,00 \text{ m}^2$

Celková volná propad.plocha: $2,4 \times 4,0 \text{ m} = 9,60 \text{ m}^2$; $9,60 \text{ m}^2 \times 12\% = 1,15 \text{ m}^2$

Celkem **2,15 m²**

4.3. Kontrolní výpočet plochy jednotlivých síťových ploch

Vzhledem k tomu, že navrhuji použití polyuretanových sít, která mají menší volnou propadovou plochu než síta drátěná, musím provést kontrolní výpočet plochy třídíče. Výsledkem výpočtu bude zjištění, zda navrhovaná síta na daných třídíčích mají dostatečnou kapacitu na třídění suroviny vstupující na třídírnu a následně na jednotlivé třídící plochy.

Metod pro výpočet plochy třídíče existuje několik. Já jsem pro výpočet zvolil metodu firmy Allis Chalmers [1] z důvodu její jednoduchosti, přehlednosti,

logičnosti a vyrovnanosti výsledků při širokém rozpětí použití. Výpočet provedu dle následujícího vzorce :

$$F = \frac{Q}{A_b \cdot V \cdot H \cdot K \cdot X \cdot S} \quad [m^2]$$

Kde:

- F je plocha síta $[m^2]$
- Q je množství suroviny přiváděné na třídič $[t \cdot h^{-1}]$
- A_b je bazická výkonnost za určitých podmínek $[t \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}]$
- V je opravný součinitel % obsahu nadsítného v surovině
- H je opravný součinitel % obsahu zrn v surovině, která by propadla poloviční velikostí síťových otvorů použitého síta
- K je komplexní opravný součinitel tvořený z dílčích opravných součinitelů:
 - K_1 – součinitel sypné hmotnosti
 - K_2 – součinitel tvaru síťových otvorů
 - K_3 – součinitel tvaru zrn
 - K_4 – součinitel volné propadové plochy
 - K_5 – součinitel mokrého třídění
 - K_6 – součinitel povrchové vlhkosti zrn
 - K_7 – součinitel ostrosti třídění
- X je součinitel sklonu síťové plochy
- S je součinitel polohy síťové plochy

Vzhledem k rozsahu tabulek součinitelů, podmínek a grafu bazické výkonnosti nebudu tyto podklady v bakalářské práci uvádět a vyčísím pouze odečtené hodnoty [1] použité ve výpočtu.

4.3.1. Výpočet třídiče Master Flo CS 144 II 2400 x 6000 mm

Horní síťová plocha

Tříděná frakce 8-16 mm

$Q = 160 \text{ t.h}^{-1}$

Nadsítné = 50 t.h^{-1}

Plocha třídiče = **$14,4 \text{ m}^2$**

$A_b = 35 \text{ t.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$

$V = 1,03$

$H = 0,8$

$K = 0,4653$

$X = 0,97$

$S = 1$

$$F = \frac{Q}{A_b \cdot V \cdot H \cdot K \cdot X \cdot S} = \frac{160}{35 \cdot 1,03 \cdot 0,8 \cdot 0,4653 \cdot 0,97 \cdot 1} = \mathbf{12,28 \text{ m}^2}$$

Vypočtená potřebná plocha třídiče je menší než skutečná plocha.
Polyuretanová síta lze použít, kapacita plochy pro třídění je dostatečná.

Spodní síťová plocha

Tříděná frakce 8-11 mm

$Q = 110 \text{ t.h}^{-1}$

Nadsítné = 20 t.h^{-1}

Plocha třídiče = **14,4 m²**

$A_b = 32 \text{ t.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$

$V = 0,97$

$H = 0,6$

$K = 0,4859$

$X = 0,97$

$S = 0,9$

$$F = \frac{Q}{A_b \cdot V \cdot H \cdot K \cdot X \cdot S} = \frac{110}{32 \cdot 0,97 \cdot 0,6 \cdot 0,4859 \cdot 0,97 \cdot 0,9} = \mathbf{13,92 \text{ m}^2}$$

Vypočtená potřebná plocha třídiče je menší než skutečná plocha.
Polyuretanová síta lze použít, kapacita plochy pro třídění je dostatečná.

4.3.2. Výpočet třídiče Master Flo CS 173 II 2400 x 7200 mm

Horní síťová plocha

Tříděná frakce 4-8 mm

$Q = 90 \text{ t.h}^{-1}$

Nadsítné = 50 t.h^{-1}

Plocha třídiče = **17,28 m²**

$A_b = 23 \text{ t.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$

$V = 1,18$

$H = 1,2$

$K = 0,311$

$X = 0,93$

$S = 1$

$$F = \frac{Q}{A_b \cdot V \cdot H \cdot K \cdot X \cdot S} = \frac{90}{23 \cdot 1,18 \cdot 1,2 \cdot 0,311 \cdot 0,93 \cdot 1} = \mathbf{9,56 \text{ m}^2}$$

Vypočtená potřebná plocha třídiče je menší než skutečná plocha. Polyuretanová síta lze použít, kapacita plochy pro třídění je dostatečná.

Spodní síťová plocha

Tříděná frakce 2-4 mm

$Q = 40 \text{ t.h}^{-1}$

Nadsítné = 15 t.h^{-1}

Plocha třídiče = **17,28 m²**

$A_b = 15 \text{ t.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$

$V = 1,09$

$H = 1$

$K = 0,17$

$X = 0,93$

$S = 0,9$

$$F = \frac{Q}{A_b \cdot V \cdot H \cdot K \cdot X \cdot S} = \frac{40}{15 \cdot 1,09 \cdot 1 \cdot 0,17 \cdot 0,93 \cdot 0,9} = \mathbf{17,24 \text{ m}^2}$$

Vypočtená potřebná plocha třídiče se téměř rovná skutečné ploše. Polyuretanová síta lze použít, ale v praxi bude nutné ověřit funkčnost síťové plochy a případně pro zlepšení třídění použít řadu drátěných sít, podobně jako jsou použita na síťové ploše třídiče SVEDALA VD2.

4.4. Opotřebení sít a životnost navrhovaného řešení

Při odhadu životnosti polyuretanových sít na jednotlivých třídících lze vycházet ze zkušenosti na třídíči SVEDALA VD2, ze zkušeností nasazení těchto sít na jiných třídících ve společnosti i ze zkušeností dodavatelů těchto sít. Při nasazení polyuretanových sít se jejich životnost prodlužuje v závislosti na zrnitosti tříděné frakce a to tak, že s menší zrnitostí se životnost prodlužuje. Lze tedy předpokládat, že na třídíči Master Flo CS 144 II bude životnost sít o 20% delší a na třídíči Master Flo CS 173 II o 40% delší, než na třídíči SVEDALA VD2. Nicméně pro výpočty ekonomického zhodnocení použiji jen ověřené délky životnosti v časovém vyjádření dle třídíče SVEDALA VD2 a budu předpokládat, že životnost síťových ploch bude následující:

Třídíč Master Flo CS 144 II 2400 x 6000 mm

polyuretanová síť první třetina	12 měsíce
polyuretanová síť druhá třetina	24 měsíce
polyuretanová síť třetí třetina	36 měsíce

Třídíč Master Flo 173 CS 173 II 2400 x 7200 mm

polyuretanová síť první třetina	12 měsíce
polyuretanová síť druhá třetina	24 měsíce
polyuretanová síť třetí třetina	36 měsíce

5. Porovnání materiálů a vliv změn na životní prostředí

5.1. Porovnání sít z kovu a polyuretanu

Z provozního hlediska plní síta v podstatě stejnou funkci a na hotovém roztříděném drceném kamenivu není patrný rozdíl. Kovová síta mají výrazně menší životnost, rychleji tedy podléhají opotřebení vlivem abrazivity tříděného materiálu. Jsou však konstrukčně pevnější a umožňují tak zmenšit můstky mezi oky a dosáhnou větší hodnoty volné propadové plochy. Kovová síta vykazují vysokou hlučnost třídění, jejich pořizovací cena je však nízká.

Polyuretanová síta se vyznačují dlouhou provozní životností. Jsou pružnější a to přispívá k samočisticím účinkům, neucpávají se a nezalepují se jako síta kovová. Jejich nevýhodou je však zmenšená volná propadová plocha a také větší konstrukční tloušťka. Při propadu zrn hlubším síťovým otvorem dochází ke zvýšenému tření, které snižuje třídící výkon. Tento nedostatek se výrobci polyuretanových sít snaží omezit kónickým tvarem otvorů. Tato síta vykazují nízkou hlučnost, jejich pořizovací cena je vysoká [1] [5].

5.2. Vliv změn technologie na životní prostředí

Třídíče Master Flo ve finální třídírně jsou nad ocelovými zásobníky na drcené kamenivo ve výšce 20 m nad terénem. Zásobníky jsou umístěné při vnější hraně plochy pro technologii úpravny (Obr.6). Tato hrana je přibližně 90 výškových metrů nad dnem údolí a hladinou řeky Vltavy. Hluk z třídírny se tak údolím velmi snadno šíří a zatěžuje jak přírodní lokalitu meandrů řeky ve směru po proudu, tak i nedalekou obec Plešovice (Obr.7) ve směru proti proudu řeky.

Použití polyuretanových sít jednoznačně snižuje hlučnost procesu třídění. Zároveň se snížením hlučnosti se mění frekvence zvuku. **Změna technologie**, tedy použití sít z moderních materiálů, **má pozitivní vliv na životní prostředí**.

6. Ekonomické a ekologické zhodnocení

6.1. Výpočet nákladů při používání drátěných sít

Celkový výpočet nákladů spojených s používáním sít lze rozdělit do čtyř částí. Jsou to náklady na pořízení sít, ztráta produkce při odstávce technologie z důvodu výměny či opravy sít, znehodnocení kvality jednotlivé frakce kameniva vlivem poškození síta po dobu, než je poškození zjištěno, a mzdové náklady za dobu potřebnou na výměnu sít. Všechny tyto náklady je nutné vyčíslit za určité časové období, za které lze následně provést zhodnocení.

6.1.1. Pořizovací cena drátěných sít

Výpočet ceny kompletního osazení nových síťových ploch (*Tab.5 a 6*) drátěnými sítí i výpočet roční spotřeby sít na výměny opotřebovaných částí síťových ploch (*Tab.7 a 8*) na třídících vychází z počtu potřebných segmentů, doby životnosti a cen (bez DPH) převzatých z podkladů firmy Kámen a písek spol. s r.o. a z ceníků firmy EuroSitex s.r.o.

Tab.5 Cena kompletního osazení třídiče Master Flo CS 144 II 2400 x 6000 mm novými Fe sítí

Typ síta	Rozměr oka [mm]	Počet segmentů [ks]	Cena [Kč.ks ⁻¹]	Cena celkem [Kč]
Drátěné	12x12	48	345	16 560
Drátěné	10x10	24	385	9 240
Drátěné	9x9	24	395	9 480
			Celkem [Kč]	35 280

Tab.6 Cena kompletního osazení třídiče Master Flo CS 173 II 2400 x 6000 mm novými Fe sítí

Typ síta	Rozměr oka [mm]	Počet segmentů [ks]	Cena [Kč.ks ⁻¹]	Cena celkem [Kč]
Drátěné	5x5	56	375	21 000
Drátěné	2,25x2,25	56	435	24 360
			Celkem [Kč]	45 360

Tab.7 Cena ročně spotřebovaných Fe sít na třídíči Master Flo CS 144 II 2400 x 6000 mm

Plocha		Horní			Spodní		
Třetina	1.	2.	3.	1.	2.	2.	3.
Typ síta	Drátěné	Drátěné	Drátěné	Drátěné	Drátěné	Drátěné	Drátěné
Rozm.oka [mm]	12x12	12x12	12x12	10x10	10x10	9x9	9x9
Roční spotř. [ks]	96	64	48	96	32	32	48
Cena [Kč.ks ⁻¹]	345	345	345	385	385	395	395
Cena [Kč]	33 120	22 080	16 560	36 960	12 320	12 640	18 960
Cena za třídíč [Kč]							152 640

Tab.8 Cena ročně spotřebovaných Fe sít na třídíči Master Flo CS 173 II 2400 x 7200 mm

Plocha		Horní			Spodní	
Třetina	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Typ síta	Drátěné	Drátěné	Drátěné	Drátěné	Drátěné	Drátěné
Rozm. oka [mm]	5x5	5x5	5x5	2,25x2,25	2,25x2,25	2,25x2,25
Roční spotř. [ks]	96	96	48	96	96	48
Cena [Kč.ks ⁻¹]	375	375	375	435	435	435
Cena celkem [Kč]	36 000	36 000	18 000	41 760	41 760	20 880
Cena za třídíč [Kč]						194 400

6.1.2. Ztráta produkce za dobu odstávek

Ztrátu produkce za dobu odstávek je možno vyčíslit z hodinových produkcí jednotlivých frakcí kameniva, jejich prodejní ceny bez DPH (Tab.9) a ročního počtu hodin odstávek dle bodu 3.5.

Tab.9 Výpočet ceny hodinové produkce finální třídírny po frakcích

Frakce [mm]	0-2	2-4	4-8	8-11	8-16	11-22	16-32	Celkem
Cena [Kč.t ⁻¹]	218	289	349	368	275	280	262	
Produkce [t.h ⁻¹]	25	15	50	20	50	50	30	240
Cena produkce [Kč.h ⁻¹]	5 450	4 335	17 450	7 360	13 750	14 000	7 860	70 205

$$Z_p = n \cdot t \cdot c_{pr} = 6 \cdot 3 \cdot 70\,205 = \mathbf{1\,263\,690\,Kč.rok^{-1}}$$

6.1.3. Znehodnocení kvality frakce kameniva

Výměny opotřebovaných sít se provádějí plánovaně a prot nedochází ke znehodnocení frakce kameniva. K tomu dochází při náhlém lokálním poškození síta. Průměrná doba, než je poškození síta zjištěno, je 2 hodiny. Jak bylo výše uvedeno, dochází k těmto případům 10 x ročně. Průměrná cena frakce drceného kameniva je 291 Kč.t⁻¹. Průměrná produkce jedné frakce je 34 t.h⁻¹. Znečištěná frakce kameniva představuje nestandardní výrobek a lze ji prodat maximálně za 50% ceny. Ztrátu lze vyčíslit následujícím vztahem:

$$Z_z = n \cdot t \cdot Q \cdot c_p \cdot 50\% = 10 \cdot 2 \cdot 34 \cdot 291 \cdot 50\% = \mathbf{98\,940\,Kč.rok^{-1}}$$

6.1.4. Mzdové náklady za dobu opravy nebo výměny sít

Do ekonomického zhodnocení je nutné započítat mzdové náklady v okamžiku, kdy opravu nebo výměnu sít provádí pracovníci, kteří by jinak mzdové náklady nečerpali, nebo by je čerpali v jiné výši (např. při přesčasové práci). Vzhledem k tomu, že na finální třídičném lomu Plešovice provádějí výměnu vlastní pracovníci (strojníci z technologické linky), kteří čerpají mzdové náklady nezávisle na tom, zda provádějí výměnu sít nebo jinou práci a výměnu sít provádí v normální pracovní době, nebudu tyto náklady do zhodnocení uvádět.

6.2. Výpočet nákladů navrhovaného řešení

6.2.1. Pořizovací cena polyuretanových sít

Výpočet ceny kompletního osazení nových síťových ploch (*Tab.10 a 11*) polyuretanovými sítí i výpočet spotřeby sít na výměny opotřebovaných částí síťových ploch (*Tab.12 a 13*) na třídičích vychází z počtu potřebných segmentů, doby životnosti a cen převzatých od firmy EuroSitex s.r.o.

Vzhledem k předpokládané životnosti polyuretanových sít je nutné výpočet spotřeby sít na výměny opotřebovaných částí síťových ploch vztáhnout na delší časové období, v tomto případě **na tři roky**.

Tab.10 Cena kompletního osazení třídiče Master Flo CS 144 II 2400 x 6000 mm novými PU síty

Typ síta	Rozměr oka [mm]	Počet segmentů [ks]	Cena [Kč.ks ⁻¹]	Cena celkem [Kč]
Polyuretan	12,5x12,5	16	4 163	66 608
Polyuretan	11x11	32	3 712	118 784
Polyuretan	10x10	24	3 712	89 088
Polyuretan	9x9	24	3 712	89 088
			Celkem [Kč]	363 568

Tab.11 Cena kompletního osazení třídiče Master Flo CS 173 II 2400 x 6000 mm novými PU síty

Typ síta	Rozměr oka [mm]	Počet segmentů [ks]	Cena [Kč.ks ⁻¹]	Cena celkem [Kč]
Polyuretan	6,3x6,3	8	4 734	37 872
Polyuretan	6,3x6,3	16	3 712	59 392
Polyuretan	5,5x5,5	32	3 712	118 784
Polyuretan	2,5x2,5	8	4 682	37 456
Polyuretan	2,5x2,5	16	4 269	68 304
Polyuretan	2,2x2,2	32	4 269	136 608
			Celkem [Kč]	458 416

Tab.12 Cena spotřebovaných PU sít na třídíči Master Flo CS 144 II 2400 x 6000 mm **za tři roky**

Plocha		Horní			Spodní		
Třetina	1.	2.	3.	1.	2.	2.	3.
Typ	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU
Rozm.oka [mm]	12,5x12,5	11x11	11x11	10x10	10x10	9x9	9x9
Spotř. 3 roky [ks]	48	24	16	48	12	12	16
Cena [Kč.ks ⁻¹]	4 163	3 712	3 712	3 712	3 712	3 712	3 712
Cena celkem [Kč]	199 824	89 088	59 488	178 176	44 544	44 544	59 392
Cena za třídíč [Kč]							675 056

Tab.13 Cena spotřebovaných PU sít na třídíči Master Flo CS 173 II 2400 x 7200 mm **za tři roky**

Plocha		Horní			Spodní	
Třetina	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Typ	PU	PU	PU	PU	PU	PU
Rozm.oka [mm]	6,3x6,3	6,3x6,3	5,5x5,5	2,5x2,5	2,5x2,5	2,2x2,2
Spotř. 3 roky [ks]	24	24	32	24	24	32
Cena [Kč.ks ⁻¹]	4 734	3 712	3 712	4 682	4 269	4 269
Cena celkem [Kč]	113 616	89 088	118 784	112 368	102 456	136 608
Cena za třídíč [Kč]						673 920

6.2.2. Ztráta produkce za dobu odstávek

Vzhledem k předpokládané životnosti polyuretanových sít dojde až po roce k výměně první třetiny síťové plochy. Budeme-li předpokládat stejný čas výměny, tj. 3 hodiny, bude roční ztráta produkce:

$$Z_p = n \cdot t \cdot c_{pr} = 1 \cdot 3 \cdot 70\,205 = \mathbf{210\,615 \text{ Kč.rok}^{-1}}$$

6.2.3. Znehodnocení kvality frakce kameniva

Při použití polyuretanových sít dochází, dle zkušeností, k náhlému lokálnímu poškození síta velmi výjimečně. Lze předpokládat, že tato poškození síta nastanou pouze ve třetině případů proti drátěným sítům. Ztrátu lze tedy vyčíslit následujícím vztahem:

$$Z_z = n \cdot t \cdot Q \cdot c_p \cdot 50\% = 3 \cdot 2 \cdot 34 \cdot 291 \cdot 50\% = \mathbf{29\,682\,Kč.rok^{-1}}$$

6.2.4. Mzdové náklady za dobu opravy, či výměny sít

Mzdové náklady za dobu výměny polyuretanových sít nebudu do zhodnocení uvádět z důvodů uvedených v bodu 6.1.4.

6.3. Porovnání a ekonomické zhodnocení

Porovnání nákladů na sítové plochy finální třídírny lomu Plešovice ve stávajícím stavu a při použití navrhovaného řešení s polyuretanovými sítí je patrné z následující tabulky (*Tab.14*), v níž jsou náklady přepočteny na dobu provozu tří roků.

Tab.14 Porovnání nákladů tříletého provozu stávajícího a navrhovaného řešení

Druh nákladu	Třidič	Drátěná síta	PU síta
Osazení nových sít [Kč]	Master Flo 144 II	35 280	363 568
Osazení nových sít [Kč]	Master Flo 173 II	45 360	458 416
Spotřeba sít za tři roky [Kč]	Master Flo 144 II	457 920	675 056
Spotřeba sít za tři roky [Kč]	Master Flo 173 II	583 200	673 920
Ztráta produkce [Kč]		3 791 070	631 845
Ztráta znehodnocením frakce [Kč]		296 820	89 046
CELKEM [Kč]		5 209 650	2 891 851

Přesto, že navrhované řešení s použitím polyuretanových sít sebou přináší značné náklady na nákup těchto sít, v celkovém ekonomickém pohledu je jednoznačně výhodnější, než používání drátěných kovových sít. Z výše uvedeného porovnání (*Tab.14*) je patrné, že při mnou předpokládané životnosti

polyuretanových sít (životnost byla zvolena značně střízlivě a skutečná doba životnosti může být výrazně delší), jejich nákupní cena převyšuje nákupní cenu sít kovových jak při prvním osazení síťových ploch, tak i následně při výměnách opotřebených částí. Značnou výhodnost použití těchto moderních sít přináší až odbourání ztrátových časů ve výrobě, které při používání kovových sít představují náklady mnohonásobně převyšující náklady na nákup sít.

6.4. Ekologické zhodnocení

Dobývání a zpracování nerostných surovin vždy přináší značnou zátěž pro okolí dané provozovny, lom Plešovice nevyjímaje. Při provozování lomu je nejvíce okolím vnímána zátěž prachem a hlukem. Každé snížení této ekologické zátěže příznivě ovlivňuje pohled na danou provozovnu i firmu jako celek. Navrhované řešení je z ekologického pohledu v místě použití, tedy v lomu Plešovice, jednoznačným přínosem. Jak bylo uvedeno v bodu 5.2., hluk z finální třídírny (Obr.6) se velmi snadno šíří údolím a zatěžuje nejen okolní přírodu, ale i obec Plešovice (Obr.7). A použití polyuretanových sít ve finální třídírně výrazně sníží hladinu hluku.



Obr.6 Lom Plešovice – pohled na finální třídírnu.

V ekologickém zhodnocení však nelze vynechat otázku odpadů. Zatímco opotřebovaná kovová síta jsou běžně využita jako druhotná surovina, u polyuretanových sít není zatím otázka jejich následného využití nebo likvidace vyřešena a výrobci polyuretanových sít vyvíjejí technologie na drcení sít a jejich následné použití. V současné době je tak nutné polyuretanová síta předávat oprávněné firmě jen jako tříděný odpad.



Obr.7 Lom Plešovice – odsávání prachu z finální třídírny a obec Plešovice.

7. Závěr

V bakalářské práci jsem si vytyčil za cíl navrhnout použití polyuretanových sít ve finální třídírně lomu Plešovice společnosti Kámen a písek spol. s r.o. Český Krumlov a prokázat ekonomickou a ekologickou výhodnost navrhovaného řešení. Zaměřil jsem se hlavně na možnost použití polyuretanových sít na stávajících třídících a výpočet nákladů a ekonomiky provozu. Využil jsem k tomu svých osobních zkušeností z praxe na lomu, ale i zkušeností a poznatků získaných od pracovníků z provozovny Plešovice.

V ekonomickém zhodnocení jsem se zaměřil na porovnání moderních polyuretanových sít se sítí klasické konstrukce. I když jsou vstupní náklady u polyuretanových sít několikanásobně vyšší, byla v této práci jednoznačně prokázána úspora finančních prostředků v dlouhodobém horizontu. Navrhované řešení je pro firmu ekonomicky výhodnější.

Z hlediska ekologie je použití polyuretanových sít rovněž výhodnější. Jak bylo v této práci popsáno, použití těchto sít snižuje hluknost provozu. To má kladný dopad na bezprostřední okolí lomu. V době, kdy je kladen důraz na vliv těžby na životní prostředí, je každé zlepšení v tomto směru pozitivním signálem, že těžbařské firmě není tato otázka lhostejná.

V práci použité principy a postupy výpočtů jsou obecně využitelné při prokazování výhodnosti použití sít z moderních materiálů. Pro každou lokalitu, užitkový nerost, druh třídění nebo typ třídíče je však nutné použít příslušné konkrétní hodnoty a údaje, neboť ty se mohou značně lišit.

Použitá literatura:

- 1 ČEP, H. a ŠPÍRKOVÁ, R.: *Technologie úpravy kameniva*. 1. vyd. Praha: Těžební unie Brno, 1997. 143 s.
- 2 KRYL, V. a kol.: *Povrchové dobývání ložisek*. 1. vyd. Ostrava: VŠB Technická univerzita Ostrava, 1997. 282 s. ISBN 80-7078-396-6
- 3 *Plán otvírky, přípravy a dobývání (POPD)* pro dobývací prostor Plešovice, 2001. 50 s.
- 4 *Technologický postup (TP) výroby v provozovně Plešovice*, 2008. 17 s.
- 5 *Průmyslová síta*. Příbram: Euro Sitex s.r.o. Příbram. 44 s.
- 6 *Interní materiály* firmy Kámen a písek spol.s r.o. Český Krumlov
- 7 *Protokol o zkoušce*. Plešovice: Zkušební laboratoř, 2008

Seznam obrázků:

Obr.1 Lom Plešovice - letecký pohled na celý areál [6].

Obr.2 Lom Plešovice - etáže lomu a elektrické rypadlo E 303 .

Obr.3 Lom Plešovice – třídič Master Flo CS 144 II .

Obr.4 Polyuretanové síto modulového systému [5] .

Obr.5 Křivka zrnitosti vstupního materiálu na finální třídírnu.

Obr.6 Lom Plešovice – pohled na finální třídírnu.

Obr.7 Lom Plešovice – odsávání prachu z finální třídírny a obec Plešovice.

Seznam tabulek:

- Tab.1 Fyzikálně-mechanické a technolog. vlastnosti horniny pro jednotlivé frakce.
- Tab.2 Přehled materiálů používaných na výrobu kovových sít.
- Tab.3 Propady kameniva na kontrolních sítích [7].
- Tab.4 Výstupní frakce z finální třídírny a hodinové produkce jednotlivých frakcí.
- Tab.5 Cena kompletního osazení třídíče Master Flo CS 144 II novými Fe sítý
- Tab.6 Cena kompletního osazení třídíče Master Flo CS 173 II novými Fe sítý
- Tab.7 Cena ročně spotřebovaných Fe sít na třídíči Master Flo CS 144 II
- Tab.8 Cena ročně spotřebovaných Fe sít na třídíči Master Flo CS 173 II
- Tab.9 Výpočet ceny hodinové produkce finální třídírny po frakcích
- Tab.10 Cena kompletního osazení třídíče Master Flo CS 144 II novými PU sítý
- Tab.11 Cena kompletního osazení třídíče Master Flo CS 173 II novými PU sítý
- Tab.12 Cena spotřebovaných PU sít na třídíči Master Flo CS 144 II za tři roky
- Tab.13 Cena spotřebovaných PU sít na třídíči Master Flo CS 173 II za tři roky
- Tab.14 Porovnání nákladů tříletého provozu stávajícího a navrhovaného řešení

Seznam příloh:

Příl.1 Základní důlní mapa - Základní mapa lomu